

**UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA VEDE O ZDRAVJU**

**HORMONSKE SPREMEMBE PRI PRETRENIRANIH
ŠPORTNIKI**

DIPLOMSKA NALOGA

Študentka: BARBARA ANDOLJŠEK

Mentorica: doc. dr. SAŠA KENIG, univ. dipl. biokem.

Študijski program: študijski program 1. stopnje Aplikativna kineziologija

Izola, 2019

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojemu možu Urbanu, hčerki Tinkari ter staršem za podporo in dobro motivacijo med študijem in pisanjem diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi mentorici doc. dr. Saši Kenig za pomoč in vodenje pri zaključni nalogi. Prav tako se zahvaljujem Alešu Lampetu za lekturo.

Hvala vsem, ki ste omogočili nastanek moje diplomske naloge.

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisana Barbara Andoljšek izjavljam, da:

- je predložena diplomska naloga izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oziroma citirana v skladu s pravili UP Fakultete za vede o zdravju;
- se zavedam, da je plagiatstvo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah, Uradni list RS št. 16/2007 (v nadaljevanju ZASP) kaznivo.

Soglašam z objavo diplomske naloge v Repozitoriju UP.

V Izoli, dne 9.10.2019

Podpis študentke:



KLJUČNE INFORMACIJE O DELU

Naslov	Hormonske spremembe pri pretreniranih športnikih
Tip dela	diplomska naloga
Avtorica	ANDOLJŠEK, Barbara
Sekundarni avtorji	KENIG, Saša (mentorica) / VOGLAR, Matej (recenzent)
Institucija	Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju
Naslov institucije	Polje 42, 6310 Izola
Leto	2019
Strani	V, 31 str., 2 pregl., 0 sl., 0 pril., 42 vir.
Ključne besede	hormonske spremembe, endokrini sistem, pretreniranost
UDK	612.018:005.418:796.071.2
Jezik besedila	Slv
Jezik povzetkov	slv/eng
Izvleček	<p>Pretreniranost je posledica prekomernega treniranja in obremenitev in je zaradi visoke ravni v tekmovalnih športih vedno pogostejši pojav med športniki. Namen naloge je bil raziskati hormonske spremembe pri pretreniranih športnikih. Opisali smo delovanje endokrinega sistema ter faze, vzroke in simptome pretreniranosti. Zanimalo nas je predvsem, kakšne akutne in kronične spremembe izzove prekomerna vadba ter kakšno je hormonsko ravnovesje med pretreniranostjo. Hormonsko nihanje je odvisno od vrste vadbe (anaerobna/aerobna), intenzivnosti in trajanja, pogostosti treniranja ter vrste in trajanja regeneracije. Raziskave pri pretreniranih športnikih konsistentno kažejo zmanjšane vrednosti testosterona. Pogosto se pokaže tudi povišanje koncentracije kortizola. Pri drugih hormonih zaključki še niso mogoči, saj si raziskave nasprotujejo. Poleg vrednosti hormonov, moramo za postavitev diagnoze upoštevati še druge parametre, npr. kreatin kinazo, laktat, amonijak in srčni utrip, uporabni pa so tudi vprašalniki o psihološkem stanju.</p>

KEY WORDS DOCUMENTATION

Title	Hormonal changes in overtrained athletes
Type	Diploma work
Author	ANDOLJŠEK, Barbara
Secondary authors	KENIG, Saša (supervisor) / VOGLAR, Matej (reviewer)
Institution	University of Primorska, Faculty of Health Sciences
Address	Polje 42, 6310 Izola
Year	2019
Pages	VI, 31 p., 2 tab., 0 fig., 0 ann., 42 ref.
Keywords	hormonal changes, endocrine system, overtraining
UDC	612.018:005.418:796.071.2
Language	Slv
Abstract language	slv/eng
Abstract	<p>Overtraining occurs as a result of excessive training or strain, and is becoming increasingly common among athletes due to the high level of competitive sports. The aim of this thesis was to analyse the hormonal changes in overtrained athletes. We describe the functioning of the endocrine system, as well as the phases, causes and symptoms of overtraining. We focused in particular on what acute and chronic changes excessive exercise causes, and the hormone balance at the point of overtraining. Hormonal changes depend on the type of training (anaerobic/aerobic), its intensity, duration and frequency, as well as the type and duration of recovery. Research on overtrained athletes consistently show reduced levels of testosterone. Also common are increased levels of cortisol. For other hormones it is not yet possible to draw conclusions due to contradicting research results. Apart from hormone levels, other parameters also need to be taken into consideration when diagnosing, such as creatine kinase, lactate, ammonium and pulse, while psychological questionnaires are also a useful tool.</p>

KAZALO VSEBINE

KLJUČNE INFORMACIJE O DELU	I
KEY WORDS DOCUMENTATION	II
KAZALO VSEBINE.....	III
KAZALO PREGLEDNIC.....	IV
SEZNAM KRATIC.....	V
1 UVOD	1
1.1 Pretreniranost.....	1
1.1.1 Faze pretreniranosti	1
1.1.2 Vzroki pretreniranosti	3
1.1.3 Simptomi in znaki pretreniranosti	3
1.1.4 Nadzor nad pretreniranostjo	5
1.1.5 Ukrepi preprečevanja	5
1.2 Delovanje endokrinega sistema	6
1.3 Hormonske spremembe	10
1.4 Hormonske spremembe glede na tip vadbe.....	12
2 NAMEN, HIPOTEZE IN RAZISKOVALNA VPRAŠANJA	16
3 METODE DELA.....	17
4 REZULTATI.....	18
4.3 Hormonske spremembe pri pretreniranih športnikih.....	18
5 RAZPRAVA	23
6 ZAKLJUČEK.....	27
7 VIRI	28

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Hormonske spremembe med vadbo	10
Preglednica 2: Pregled študij hormonskih sprememb pri pretreniranih športnikih.....	18

SEZNAM KRATIC

ACTH	adrenokortikotropni hormon
ADH	antidiuretični hormon
FOR	funkcionalna preobremenitev (angl. <i>functional overreaching</i>)
FSH	folikle spodbujajoči hormon
IL-6	interlevkin 6
LH	luteinizirajoči hormon
MSH	melanocyte spodbujajoči hormon
NFO	nefunkcionalna preobremenitev (angl. <i>nonfunctional overreaching</i>)
OTS	sindrom pretreniranosti (angl. <i>overtraining syndrome</i>)
PRL	Prolaktin
PTH	Parathormon
RH	rastni hormon
T3	Trijodtironin
T4	Tiroksin
TSH	tirotropni hormon
VO ₂ max	največja količina kisika, ki jo telo porabi v eni minuti

1 UVOD

1.1 Pretreniranost

Kot navaja Ušaj (2003), je pretreniranost pojav, vezan na športno področje, ki se kaže v neuravnovešenosti med naporom in odmorom. Pretreniranost je lahko posledica prevelikih obsegov treninga, previsoke intenzivnosti in premalo časa za ustrezno regeneracijo po enotah treninga, vse zaradi prevelike želje po doseganju boljšega športnega rezultata. Prekomerno treniranje povzroči imunsko, hormonsko in drugo neravnovesje v telesu vadečega (Cadegiani in Kater, 2017a).

Začne se z motnjo (stresom) homeostatske narave sistema, ki ji sledi adaptivna faza. Če prilagoditev ni primerna, pride do faze izčrpanja. Po vadbenem naporu se bo fiziološki sistem telesa poskušal vrniti na homeostatsko raven kot del strategije prilagajanja. V primeru, da se telo ne prilagodi, pride do izčrpanosti, prevelike utrujenosti in sindroma kronične utrujenosti. Vendar pa tega ne smemo zamenjati s kratkoročno akutno utrujenostjo, ki se pojavi po vadbi in je do neke stopnje sprejemljiva. Preobremenjenost se razlikuje od pretreniranosti. Prekoračitev je pogosto načrtovana faza mnogih programov treniranja, ki prispevajo k izboljšanju rezultatov, vendar pa je meja s pretreniranostjo tukaj tanka. Preobremenitev se lahko hitro razvije v prekomerno treniranje in s tem povezano zmanjšano zmogljivost telesa (Fry in Kraemer, 1997).

Sindrom pretreniranosti se najpogosteje pojavlja pri vrhunskih športnikih. Zanimivo pa je, da so tarča pretreniranosti vse pogosteje tudi rekreativni športniki. Poleg uresničevanja vedno boljših rezultatov stremi športnik po vedno bolj naporni in obsežni vadbi, vedno manj pa po odmoru in počitku (Ušaj, 2003).

1.1.1 Faze pretreniranosti

Uspešen trening mora vključevati preobremenitev, hkrati pa se mora izogibati kombinaciji prekomerne preobremenitve in neustreznega okrevanja. Športniki lahko doživijo kratkotrajno zmanjšanje uspešnosti brez hudih psiholoških ali trajnih drugih negativnih simptomov. To tako imenovano funkcionalno preseganje (angl. functional overreaching - FOR) bo sčasoma privedlo do izboljšanja zmogljivosti. Kadar pa športniki in trenerji ne spoštujejo dovolj ravnotežja med treningom in okrevanjem, lahko pride do nefunkcionalne preobremenitve (angl. nonfunctional overreaching - NFO). Ta pa je že začetna faza sindroma pretreniranosti (Meeusen idr., 2013). Faza NFO že pomeni negativne psihološke in hormonske spremembe, povezane s treningom (Tanskanen idr., 2011). V zgodnji fazi NFO je mogoče stvar izboljšati s počitkom in okrevanjem, kot so spanje, prehrana in socialne dejavnosti (Kellmann idr., 2018). Razlikovanje med NFO in sindromom pretreniranosti (angl. overtraining syndrome - OTS) je zelo težko. Večina strokovnjakov se strinja, da gre med funkcionalno in nefunkcionalno preobremenitvijo ter pretreniranostjo za zvezen prehod brez jasno določljivih mej. Športnik bo pogosto kazal iste klinične, hormonske in druge znake ter simptome. Ključna razlika je v dolgotrajnosti sprememb bioloških, nevrokemičnih in hormonskih regulatornih mehanizmov. Na splošno so simptomi OTS hujši kot simptomi NFO (Meeusen idr., 2013).

Podobno ugotavljata tudi Bomp in Haff (2009), namreč da se skozi različne faze utrujenosti posledično razvije pretreniranost. Opređeljujeta štiri faze: prva faza ali akutna utrujenost naj bi za svojo regeneracijo potrebovala en dan počitka. Druga faza ali preobremenitev potrebuje dva do tri dni počitka za regeneracijo. Preobremenitev je velikokrat načrtovana faza v ciklu treniranja. Ta vodi v izboljšanje športnikove fizične pripravljenosti. S povečanjem stimulusa in količine počitka poveča športnikove pozitivne učinke treniranja. Če pa se neravnovesje med količino treninga in počitka nadaljuje, športnik iz stanja preobremenitve in utrujenosti preide v tretjo fazo, fazo preseganja. Za to fazo bo športnik potreboval 1–2 tedna počitka. Ta faza ni predvidena v letnem načrtu športnika. Zadnja faza, faza pretreniranosti, pa lahko za regeneracijo potrebuje tudi 6–12 mesecev počitka. Zato se tudi sindrom pretreniranosti odraža kot negativna adaptacija na trening. Njegovi simptomi se pojavijo, kadar količina treninga in njegova intenzivnost prerasteta količino počitka. Z nadaljevanjem tega procesa športnikove sposobnosti začnejo upadati (Hoffman, 2002).

Ušaj (2003) pojasnjuje dve vrsti pretreniranosti, kratkotrajno in dolgotrajno. Kratkotrajna pretreniranost se ob zmanjšanju količine in intenzivnosti treninga ter z dolgotrajnim odmorom odpravi v 1–2 tednih. Zmanjša se največja športnikova zmogljivost. Pojav kratkotrajne pretreniranosti je v športu zelo pogost, še posebno v športih, kjer prevladujejo hitrost, moč in koordinacija (Ušaj, 2003). Druga kategorija pretreniranosti pa je dolgotrajna pretreniranost, za katero je značilno porušeno delovanje hormonskih žlez in vegetativnega živčnega sistema. Sindrom dolgotrajne pretreniranosti kljub zmanjšanemu obsegu in intenzivnosti vadbe lahko traja tudi več mesecev ali let. Poznana sta dva sindroma dolgotrajne pretreniranosti: simpatični in parasimpatični sindrom. Simpatični sindrom vključuje povečano vzburjenost simpatičnega vegetativnega živčnega sistema, medtem ko parasimpatični sindrom vključuje zmanjšano simpatično aktivnost s povečano parasimpatično aktivnostjo, ki prevladuje nad stresom. Za simpatični sindrom pretreniranosti je značilno povečanje frekvenca srca v mirovanju, zmanjšanje apetita in izguba telesne mase. Športnik skozi ves čas kaže znake utrujenosti, tako med naporom kot v mirovanju. Pojav izčrpanosti je prisoten ves čas. Športniki imajo nemiren spanec, so bolj razdražljivi, vznemirljivi, čustveni, vzkipljivi in manj motivirani. Za parasimpatično pretreniranost pa je značilen nižji utripni volumen srca v mirovanju, hitra obnovitev srčne frekvenca po vadbi, hipoglikemija med vadbo, zmanjšanje plazemskega laktata med vadbo in zmanjšanje ravni kateholamina (Fry in Kraemer, 1997). Appetit športnika je navadno nespremenjen in ravno tako tudi telesna masa športnika. Športnik nima nobenih težav s spancem, le da nekoliko dalj časa spi. Parasimpatična pretreniranost ima veliko manj znakov, zato jo je tudi težje zaznati oziroma jo opazimo kasneje. Dolgotrajni tip pretreniranosti se najpogosteje pojavlja pri športnikih v vzdržljivostnih športnih disciplinah (Ušaj, 2003). Vsa pretreniranost lahko sčasoma povzroči parasimpatični sindrom. Sprememba funkcij avtonomnega živčnega sistema bi lahko bila odgovorna za številne fiziološke odzive na pretrenirano stresno obremenitev, vključno s spremembami nevroendokrinih sistemov (Fry in Kraemer, 1997).

1.1.2 Vzroki pretreniranosti

K domnevni športnikovi pretreniranosti prispevajo številni dejavniki, ki so povezani z vadbenim programom, okoljem in pogoji treniranja, psihološkimi komponentami (služba, šola, družina itd.) in prehrano. Vsak od naštetih dejavnikov je lahko odločilnega pomena za pretreniranost športnika (Hoffman, 2002).

Med glavne dejavnike, ki vplivajo na pojav pretreniranosti, prištevamo: prekratke odmore med treningi oziroma premalo časa za počitek, pretirano količino treningov, pretirano intenzivnost, povečanje obsega oziroma povečano trajanje vadbe. Med trenažnimi procesi pride do pretreniranosti zaradi preintenzivnega programa vadbe za moč, prepogostih potovanj in tekmovanj, monotonosti treningov in obdobj med sezonama brez zadostnega počitka (Kellmann idr., 2018).

Kateri športniki so bolj izpostavljeni pretreniranosti, je težko opredeliti. Vendar če moramo potegniti črto, so najbolj izpostavljeni športniki z veliko motivacijo. Veliko mladih športnikov je povsem predanih svojemu športu, zato trenirajo preko priporočljive meje. Tako si s prenasičenostjo treningov v najobčutljivejšem obdobju lahko tudi uničijo svojo športno kariero. Posledično se soočijo z nemožnostjo nadaljnjega treniranja zaradi zdravstvenih težav, padca motivacije in drugih negativnih dejavnikov (Ackland, 2003). Simptome pretreniranosti je veliko lažje nadzorovati pri individualnih športih kot pa v ekipnih športnih disciplinah, saj ima trener pri slednjih nekoliko slabši pregled nad celotno skupino. Tako je lahko posameznik že v procesu pretreniranosti, ne da bi njegov trener to sploh opazil (Hoffman, 2002). Poleg posameznikov z izredno visoko motivacijo so sindromu pretreniranosti izpostavljeni tudi dolgoprogaši, saj z močno povečano količino treningov poskušajo doseči boljše rezultate (Jeromen in Kajtna, 2007). Raziskano je bilo, da se sindrom pretreniranosti najpogosteje pojavi pri športih s ciklično obliko gibanja (med te prištevamo tek, plavanje, kolesarjenje) in drugih predvsem vzdržljivostnih športih, pri katerih je med sezono več tekem v kratkem obdobju (Ackland, 2003). Pretrenirani so vse pogosteje celo rekreativni športniki (Ušaj, 2003).

K pojavu pretreniranosti poleg pomanjkanja počitka prispevajo še slabe navade, kot so kajenje, pitje alkohola ali uživanje zdravil (Karvonen, Lemon in Iliev, 1992). Med postranske dejavnike, ki prispevajo k nastanku pretreniranosti, pa prištevamo tudi nezadostno količino spanca, nepravilno prehrano, vznemirjanje ob življenjskih dogodkih, prezasedenost z drugimi aktivnostmi (s službo, družino), negativne življenjske spremembe in nepravilnosti življenjskega sloga (Ackland, 2003).

1.1.3 Simptomi in znaki pretreniranosti

Zmanjšanje učinkovitosti športnika se kaže z znaki in simptomi pretreniranosti, ki so lahko fiziološki, psihološki, imunološki ali biokemični. Da pretreniran športnik ponovno vzpostavi homeostazo, je potrebnih več mesecev, kar pa že lahko usodno vpliva na športno pot vrhunškega športnika (Antonio in Stout, 2001). Spremembe lahko vključujejo občutljivost, bolečine v mišicah, poškodbe mišic, hormonsko neravnovesje, zmanjšano odpornost,

zaspanost, izgubo apetita ali telesne mase, spremenljivo razpoloženje, nespečnost, spremembe v načinu gibanja in posledično slabšo izvedbo. Glavni znak, na podlagi katerega sploh posumimo na pretreniranost, pa je upad zmogljivosti (Jeromen in Kajtna, 2007; Kellmann idr., 2018).

Pri takem stanju opazimo tudi povečano frekvenco srca v mirovanju, povišan krvni tlak, povišano koncentracijo laktata v plazmi med vadbo, znižano koncentracijo feritina v serumu, vnete mišice, bolečine v mišicah in hujšanje. Pri pretreniranih osebah je ravno tako zaznati negativne simptome, med katere prištevamo motnje spanja, duševno utrujenost, zmanjševanje prijaznosti in visoko stopnjo zmedenosti. Med druge simptome pretreniranosti športnika pa vključujemo tudi negativne hormonske spremembe, poslabšano stanje železa, upadanje imunskega sistema in povečanje vnetij (Booth, Probert, Forbes-Ewan in Coad, 2006). Pri submaksimalni obremenitvi se poveča potreba po kisiku, kar opazimo pri porabi kisika, frekvenci srca in minutnem volumnu izdihanega zraka. Športnik, ki je pretreniran, občuti enako obremenitev kot večji napor. Večina kazalcev ni povsem zanesljiva za oceno pretreniranosti. Med vsemi pa je verjetno najbolj zanesljiv kazalec povečanje frekvence srca v mirovanju, vendar le pod pogojem, da je ta merjena redno vsak dan (Ušaj, 2013).

Izražanje simptomov prekomernega treniranja se razlikuje glede na telesno sestavo in fizično pripravljenost športnika, vrsto izvajanega treninga in druge dejavnike. Razlaga prekomernega treniranja je zato lahko zelo različna pri različnih ljudeh. Ravno zaradi tega je potrebno poznati veliko različnih parametrov, ki kažejo na znake pretreniranosti. Do danes se še ni uveljavil diagnostični test, s katerim bi lahko pretreniranost enoznačno opredelili. Pretreniranost določajo kazalci stresa, ki se po obdobju regeneracije ne vrnejo na izhodiščne vrednosti. Kazalci vključujejo neravnovesje nevroendokrinega sistema, oslavljen imunski sistem, spremembe telesne zmogljivosti, spremembe razpoloženja, indikatorje poškodb mišic, slabe zaloge mišičnega glikogena, poslabšanje aerobne ventilacijske in srčne učinkovitosti, depresivni psihološki odziv in slabše rezultate športnika (Fry, Morton in Keast, 1991; Antonio in Stout, 2001).

Da bi trenerji in vadeči v športu bolje razumeli obremenitve treninga in njihov vpliv na šport, so se razvile številne tehnike merjenja obremenitev pri treningu. Meritve zunanjih in notranjih obremenitev so dober pokazatelj športnikovega stanja utrujenosti (Kellmann idr., 2018). Za spremljanje zunanjih obremenitev (količine dela, ki ga športnik opravi) uporabljamo naprave za merjenje maksimalne moči in podobno. Metode za ugotavljanje notranjih obremenitev (biološki odziv telesa) pa vključujejo zaznavanje napora, porabo kisika, ocene srčnega utripa, vrednost laktata, hormonske ocene, vprašalnike, dnevnike, meritve količine in kakovosti spanja. Pomembno je, da so tako športniki kot trenerji seznanjeni s simptomi pretreniranosti, saj se ji je moč izogniti oziroma ustrezno ob pravem trenutku ukrepati, še bolj kot to pa si želimo, da bi trenerji svoje vadeče spremljali na vseh ravneh in predvsem z ustreznimi metodami (Antonio in Stout, 2001).

1.1.4 Nadzor nad pretreniranostjo

Športniki in trenerji vedno bolj znanstveno pristopajo k oblikovanju programov treninga. Spremljanje obremenitev treninga in regeneracije lahko prispeva k oceni športnikove prilagoditve in zagotavljanju ustreznega ravnovesja med treningom in počitkom. Glavni cilj vseh športnikov in trenerjev je povečati uspešnost in zmanjšati tveganje za bolezni ali poškodbe, pa tudi za razvoj sindroma pretreniranosti. Spremljanje treningov mora vključevati oceno zunanjih in notranjih obremenitev.

Prva faza športnega treniranja zajema analizo in načrtovanje, druga faza izvajanje vadbenega procesa in stalen nadzor ter tretja faza občasno poglobljeno nadzorovanje oziroma ugotavljanje učinkovitosti treniranja (Dežman, 2005). To so tri faze športnega treniranja, ki pomembno prispevajo k preprečevanju pretreniranosti, če so le ustrezno izvedene. Še posebno velik poudarek dajemo na tretjo fazo – fazo rednega nadzora učinkovitosti procesa treniranja, ki zajema redno spremljanje športnika.

Merjenje in spremljanje utrujenosti in okrevanja v okviru tekmovanj in treningov dandanes ni tako lahka naloga. Za zagotavljanje visoke kakovosti v celotnem procesu so potrebna strokovna znanja iz fiziologije, psihologije in športa. V fazi načrtovanja spremljanja treningov bi bilo potrebno cilje, povezane s treningom in tekmovanjem, določiti v tesnem sodelovanju s športniki in trenerjem. Počitek in čas okrevanja je potrebno določiti z upoštevanjem trenutnega obdobja sezone. Okrevanje bi bilo treba programirati kot sestavni del treninga z izvajanjem obnovitvenih mikrociklov in obnovitvenih strategij. Tudi psihološke težave so pogosto povezane s premajhnim okrevanjem. Zdi se, da je učinkovito okrevanje v vadbeni in tekmovalni rutini športnikov zaščita pred psihološkimi težavami, kot sta izgorelost in depresija. Načrt okrevanja naj bo prilagojen posamezniku glede na športnikove potrebe in glede na razlog za utrujenost (upoštevamo, ali je šlo za fizični ali psihični napor) (Kellmann idr., 2018).

1.1.5 Ukrepi preprečevanja

Preverjanje sprememb parametrov, ki kažejo na prekomerno treniranje, mora biti rutinska komponenta programa treninga (Fry idr., 1991). Regeneracija v športu in vadbi se nanaša na fiziološki vidik okrevanja. Pogosto uporabljeni znanstveno ovrednoteni metodi postopka regeneracije sta potopitev v hladno vodo in spanje (Hoffman, 2002). Nasprotno pa pri duševni utrujenosti pomagamo s psihološkimi strategijami okrevanja, kot so kognitivna samoregulacija in tehnike psihološke sprostitev. Med te uvrščamo učenje dihalnih tehnik, učenje koncentriranja, učenje odstranjevanja negativnih podob, dvomov in strahov, učenje osredotočanja na pozitivne strani treniranja in pozitivnega razmišljanja (Tušak, 2012). Kellmann idr. (2018) razlikujejo med pasivnimi, aktivnimi in proaktivnimi metodami okrevanja. Pasivne metode segajo od uporabe zunanjih metod (masaže) do izvajanja počitka, za katerega je značilna neaktivnost. Aktivno okrevanje (npr. tek po ohladitvi) vključuje predvsem fizične aktivnosti, katerih namen je kompenzirati metabolične odzive fizične utrujenosti. Kot zadnjo metodo pa predstavljajo tudi proaktivno okrevanje (družbene

dejavnosti), ki pomeni izbiranje dejavnosti, ki so prilagojene posameznikovim potrebam in željam.

Za sproščanje se dandanes vse več uporablja metodo masaže. Izkazala se je kot učinkovita za sproščanje mišičnih napetosti in obnovitev mišično-skeletnega sistema. Masaže so odličen preventivni sistem pred poškodbo, saj maser razbremeni napetost v mišicah, sklepih in vezivnem tkivu (Hoffman, 2002). Športniku lahko nudimo še vodno terapijo, raztezanje, krioterapijo telesa, kompresijska oblačila, elektrostimulacijo, savne, infrardeče terapije in vrsto sprostitvenih tehnik.

Tretji zelo pomemben dejavnik je prehrana. Športnik naj bi užival polnovredno hrano, vendar ob nastopu sindroma pretreniranosti telesu običajno primanjkuje različnih hranil. Zato mora športnik v tem obdobju zaužiti primerno količino beljakovin, ogljikovih hidratov, maščob in hrano, bogato z vitamini in minerali. Poleg hrane je pomembna zadostna hidracija ter izogibanje poživilom in drogam (Hoffman, 2002).

1.2 Delovanje endokrinega sistema

Nevroendokrini sistem je zapleten fiziološki sistem, ki lahko s svojim delovanjem vpliva tudi na druge sisteme. Endokrini sistem sestavljajo endokrine žleze ali žleze z notranjim izločanjem, ki so brez izvodil, svoje produkte oziroma biološko aktivne molekule – hormone pa izločajo v kri (Stušek, 2001). Žleze z notranjim izločanjem najdemo v različnih predelih telesa (hipotalamus, hipofiza, epifiza, ščitnica, obščitnica, priželjce, nadledvični žlezi, trebušna slinavka, endokrine celice jajčnika in Leydigove celice v modih). Poleg teh izločajo hormone še nekateri drugi organi, kot so: podkožno maščevje, visceralno maščevje, srce, tanko črevo, ledvice, želodec, posteljica in koža. Endokrine žleze izločajo hormone v zunajcelični prostor, od tu pa prehajajo v krvni obtok.

Hormoni so specializirane kemične snovi, ki s krvjo potujejo po celem telesu, učinkujejo pa le na specifične ciljne organe. Po kemični zgradbi jih delimo na steroidne hormone (nastali iz holesterola), amine (derivati aminokislin), peptide ali polipeptide in glikoproteine. Hormoni so tiste snovi, ki v ciljnih organih ne začnejo biokemičnih reakcij, ampak pomagajo nadzorovati raven teh reakcij. Nadzirajo presnovo, rast, razvoj in razmnoževanje (Martinčič, Cör, Cvetko in Marš, 2007). Hormoni, ki jih proizvajajo endokrine žleze, vplivajo na vse telesne funkcije – aktivirajo encimski sistem, spreminjajo prepustnost celične membrane, sprožijo mišično kontrakcijo in retrakcijo, stimulirajo sintezo beljakovin in maščob, sprožijo celično sekrecijo in določijo, kako se telo odziva na fizični in psihični stres (McArdle, Katch in Katch, 2010). Hormoni nastanejo iz prohormonov, ki so neaktivni. Aktivni hormoni pa nastanejo s kemično spremembo prohormona ali se aktivirajo ob vezavi na receptorje tarčnih celic. Ker pa na tkiva običajno ne deluje samo en hormon, ampak več, lahko govorimo o hormonski interakciji. Delovanje je lahko sinergistično, kar pomeni, da različni hormoni pustijo enak učinek na tkivo. Pri permisivnem delovanju delovanje enega hormona povečuje učinek drugega ali pa občutljivost tkiva nanj. Pri antagonističnem delovanju pa delovanje enega hormona zavira delovanje drugega. Hormonski sistem s svojimi hormoni neposredno sodeluje pri

homeostatskih procesih. Spremembe v notranjem okolju, ki jih izzovejo spremembe v zunanem okolju, delujejo na hormonski sistem tako, da začnejo celice pospešeno tvoriti hormone (Stušek, 2001). Poznamo dva mehanizma delovanja hormona na tarčne celice. Ena od možnosti je, da se hormon veže na receptor v membrani tarčne celice, druga pa je, da zaradi strukture hormon pride skozi plazemsko membrano in se veže na receptorske molekule v notranjosti tarčne celice. Vezava hormona namreč spremeni obliko receptorske molekule in sproži odgovor na hormon. Hormoni krožijo po krvi in so dostopni vsem tkivom, delujejo pa samo na tista tkiva, ki imajo ustrezne receptorje zanje. Ob vezavi hormona na receptor se tarčne celice odzovejo z določeno aktivnostjo. Za hormonsko komunikacijo je nujno, da ciljna tkiva prepoznajo ustrezne hormone. Učinkovitost hormonskega sistema temelji prav na sposobnosti natančnega prepoznavanja ustreznih hormonov (Anselme idr., 1999).

Normalen učinek hormona na določeno tkivo pa je možen šele, ko je v krvi dosežena njegova fiziološka koncentracija. Na koncentracijo hormonov v krvi vplivajo naslednji dejavniki: stopnja aktivnosti žleze, ki ga tvori, stopnja izločanja hormona iz žleze, koncentracija proteinov, ki prenašajo hormone, volumna krvne plazme ter stopnjo odstranjevanja hormona (Anselme idr., 1999). Koncentracija hormonov je odvisna od hitrosti izločanja v kri in stopnje njegove presnove. Koncentracijo v plazmi predstavlja vsota sinteze hormonov in sproščanja s strani žleze. Absorbirajo jih receptorska tkiva in odstranijo jih jetra ter ledvice (McArdle idr., 2010). Hitrost izločanja hormonov je odvisna od obsega kopičenja ali zaviralnega vnosa iz več kot enega vira. V daljšem časovnem obdobju, ki je različen za vsak hormon, je sinteza hormona enaka sproščanju hormonov. Za sorazmerno kratek čas lahko sproščanje hormona preseže njegovo sintezo (McArdle idr., 2010).

Različni tipi vadbe lahko povzročijo različne endokrine odzive v telesu in tako različno koncentracijo hormonov v krvi. Velik del literature o vadbi in nevroendokrinih odzivih se ukvarja predvsem z aerobnim treningom, vendar pa je odziv vsakega hormona glede na aerobne ali anaerobne vaje drugačen. Zato je potrebno pri interpretaciji endokrinih odzivov na različne metabolične in mehanske zahteve upoštevati zahteve vadbenega dražljaja.

Da bi razumeli delovanje endokrinih žlez v povezavi s športno aktivnostjo, moramo najprej razumeti delovanje endokrinih žlez v mirovanju. Hipotalamus je del osrednjega živčevja, ki ima tudi endokrino vlogo, tvori pa tudi povezavo med živčnim in endokrinim sistemom (McArdle idr., 2010). Hipotalamus in hipofiza sta morfološko in funkcionalno povezana. Hormoni, nastali v hipotalamusu, potujejo v hipofizo, kjer zavirajo ali spodbujajo nastajanje hormonov v hipofizi. Hipotalamus tako preko hipofize uravnava telesno rast, razvoj, presnovo in celotno homeostazo organizma. Hipofiza izloča vsaj šest specializiranih polipeptidnih hormonov in je zaradi velikega in širokega vpliva imenovana tudi glavna ali vrhovna žleza z notranjim izločanjem. Njena glavna funkcija je nadzor in uravnava delovanja drugih podrejenih endokrinih žlez. Hipofizo delimo na dva dela: sprednji del ali pravi žlezni del, imenovan adenohipofiza, in zadnji del ali nadaljevanje hipotalamusa, imenovan nevrohipofiza. Hormoni adenohipofize so po zgradbi polipeptidi ali glikoproteini. Njihovi tarčni organi v telesu so podrejene endokrine žleze, periferna tkiva in organi. Med hormone sprednjega dela hipofize ali

adenohormone spadajo rastni hormon (RH), beljakovinski hormon, katerega glavna naloga je spodbujanje rasti tako, da poveča tkivno maso in vzpodbuja delitev celic. Pri odraslih RH olajša sintezo beljakovin tako, da poveča prenos aminokislin skozi plazemsko membrano, stimulira nastajanje ribonukleinske kisline in aktivira celične ribosome. Predvsem pri športnikih se je pomembno zavedati, da RH upočasni razgradnjo ogljikovih hidratov in sproži kasnejšo mobilizacijo, zato pa spodbuja uporabo maščobe kot vira energije (McArdle idr., 2010). Drugi adenohormon je adrenokortikotropni hormon (ACTH), ki spodbuja izločanje steroidnih hormonov iz skorje nadledvičnih žlez ter izloča bazofilne kortikotropne celice adenohipofize. Ščitnico spodbujajoči hormon (TSH) izločajo tiotropne celice, spodbuja pa tvorbo in izločanje ščitničnih hormonov tiroksina in trijodotironina. Folikle spodbujajoči hormon (FSH) spodbuja rast jajčnih foliklov v jajčniku in foliklove celice, da izločajo estrogen. Pri moških pa spodbuja tvorbo semenčic. Luteinizirajoči hormon (LH) je gonadotropni hormon, ki pri ženskah spodbuja ovulacijo in sproščanje progesterona iz rumenega telesca. Melanocyte spodbujajoči hormon (MSH) spodbuja sintezo pigmenta melanina v koži. Prolaktin skupaj z estrogenom spodbuja razvoj mlečne žleze med nosečnostjo in tvorbo mleka po porodu (McArdle idr., 2010).

Hormoni nevrohipofize ali zadnjega dela hipofize nastajajo v hipotalamusu in se skladiščijo v živčnih vlaknih nevrohipofize. Med hormone nevrohipofize spada antidiuretični hormon (ADH), ki vzdržuje ravnovesje tekočin v telesu, torej sodeluje z ledvicami. ADH poveča prepustnost ledvičnih cevok za reabsorpcijo vode v kri. Drugo ime za ADH je tudi vazopresin, skrbi namreč za krčenje arteriol in s tem posledično za povišanje krvnega tlaka. Drugi hormon zadnjega dela hipofize je oksitocin, ki sproži mišično kontrakcijo v maternici in spodbuja izliv mleka med dojenjem (McArdle idr., 2010).

Češerika ali epifiza je nevroendokrini spremljevalec. Njena glavna funkcija je, da uravnava dnevni ritem izločanja hormonov. Signal pretvori iz živčnega sistema v endokrini signal. Na primer dnevni cikel svetlobe in teme uravnava oko, od koder se informacija prenese v hipotalamus, od tu pa po sinaptičnih živčnih vlaknih v epifizo. Epifiza izloča hormon melatonin (McArdle idr., 2010).

Ščitnica leži v vratu pred sapnikom. Hormoni ščitnice so shranjeni v režnjih ščitnice, ki so sestavljeni iz foliklov, ki so prekriti z želatinastim koloidom, v katerem so hormoni. To je edina žleza, ki je sposobna shraniti hormone izven celic, ki jih tvorijo. Ščitnica izloča dva jodilirana beljakovinska hormona – trijodotironin in tetrajodotironin – kot glavna presnovna hormona. Tvorbo in izločanje ščitničnih hormonov uravnava tiotropni hormon (TSH) iz adenohipofize. Glavna naloga ščitničnih hormonov je, da pospešujejo rast, razvoj in metabolizem. Ščitnični hormoni zagotavljajo pomembno regulacijo za rast in razvoj tkiv, tvorbo skeletnega in živčnega sistema ter vzdrževanje krvnega tlaka (McArdle idr., 2010). Med ščitnične hormone prištevamo tudi kalcitonin. Njegova temeljna naloga je zniževanje koncentracije kalcija v krvi. Deluje na osteoklaste in s tem zmanjša razgradnjo kostnine in sproščanje kalcija iz kostnine v kri.

Obščitnico sestavljajo štiri majhne žlezice, ki tvorijo in izločajo parathormon (PTH). PTH nadzoruje ravnovesje kalcija in fosfata v krvi. Porušeno ravnovesje teh ionov vodi v motnje

delovanja živčevja, razgradnjo kostnine, mišične krče in motnje v razgradnji kostnine (McArdle idr., 2010).

Nadledvične žleze so sploščene tkivne kepe, ki se nahajajo tik nad vsako ledvico. Žleze sestavljata dva ločena dela, jedro in skorja, vsak od njiju pa izloča različne vrste hormonov. Skorja nadledvične žleze izloča hormone, ki jim pravimo kortikoidi. Nekateri od teh lipidnih hormonov vplivajo na energijski metabolizem in drugi na rast. Sproščajo se, kadar se naše telo spopada z velikimi napori. Glavna naloga glukokortikoidov (kortizol, kortikosteron) je uravnavanje koncentracije glukoze v krvi, vpliva na metabolizem (pospešuje nabiranje maščob in sprošča aminokisline iz skeletnih mišic) ter zmanjšuje vpliv stresa na organizem. Mineralokortikoidi (aldosteron) uravnavajo koncentracijo kalijevih in natrijevih ionov v plazmi ter vplivajo na delovanje ledvic. Gonadokortikoidi (androgen in estrogen) spodbujajo ženske in moške značilnosti (Martinčič idr., 2007).

V jedru ali sredici nadledvičnih žlez se izločajo hormoni kateholamini (adrenalin in noradrenalin). Adrenalin dilatira koronarne žile, poveča moč in frekvenco srčnega utripa, poviša sistolični in zniža diastolični krvni tlak, dilatira arteriole v skeletnih mišicah, zavira krčenje gladkih mišic prebavil, širi dihalne poti, pospešuje dihanje, zmanjšuje utrujenost mišic, pospeši glikogenolizo v mišicah in jetrih, poveča vnos kisika, zavira sproščanje inzulina iz trebušne slinavke, poveča lipolizo, omogoča preskrbo skeletnih mišic z maščobnimi kislinami, omogoča mišicam preskrbo z glukozo v stresnih naporih. Noradrenalin ravno tako dilatira koronarne žile, poviša krvni tlak, krči žile v drugih organih, poveča moč in frekvenco srčnega utripa, sprošča gladke mišice v prebavilih, poveča lipolizo in poveča izločanje maščobnih kislin iz maščevja (McArdle idr., 2010).

Trebušna slinavka je organ, ki proizvaja za presnovo pomembna hormona inzulin in glukagon. Njuna glavna naloga je uravnavanje količine sladkorja v krvi. Kadar pride do padca glukoze, se prične izločati glukagon, ki zviša krvni sladkor. Inzulin deluje ravno nasprotno kot glukagon – zniža krvni sladkor. Pospešuje pa tvorbo glikogena, ki se shranjuje v jetrih (Stušek, 2001).

Ledvice tvorijo hormon eritropoetin, ki spodbuja tvorbo eritrocitov in olajša sintezo hemoglobina in sproščanje eritrocitov iz kostnega mozga. Ledvice izločajo tudi 1,25-dihidroksiholekalciferol, ki pospeši absorpcijo fosforja in kalcija iz črevesja. Tvorba hormona renina, ki vpliva na krvni tlak, volumen krvi, količino vode in soli, pa nadzoruje renin-angiotenzinski sistem (Stušek, 2001).

Srce v obeh atrijih tvori natriuretski hormon, ki pa se izloča, ko je v telesu preveč soli. Takrat poveča volumen krvi in dvigne krvni tlak v atrijih. Vzdržuje ravnovesje tekočin, elektrolitov, sprošča krvne žile in zmanjša upor krvi (McArdle idr., 2010).

Priželj s pomočjo hormona timozina spodbuja zorenje limfocitov T (McArdle idr., 2010).

Ne obstajajo izključno moški ali izključno ženski hormoni, ampak splošne razlike v koncentracijah hormonov med spoloma (McArdle idr., 2010). Testosteron je najpomembnejši

androgen, ki ga izločajo intersticijske celice. Njegova glavna funkcija je razvoj moških sekundarnih spolnih znakov in zorenje spermijev. Pri gradnji tkiv prispeva k mišični masi in moči tako pri ženskah kot pri moških. Estrogen uravnava ovulacijo, menstruacijo in fiziološke prilagoditve med nosečnostjo. Progesteron pa prispeva k delovanju gladkih mišic maternice pri porodu in dojenju.

1.3 Hormonske spremembe

Vse večji poudarek se daje hormonskim spremembam zaradi vadbe, ki vplivajo na učinkovitost treningov in samo zdravje športnika. Hormonske spremembe se vsekakor dogajajo, vendar je interpretacija rezultatov težavna zaradi številnih dejavnikov, ki jih je treba nadzorovati. Med drugim so ti dejavniki tudi spol, starost, stopnja telesne pripravljenosti, zgodovina treniranja, prehrana, čustveni stres, dnevne in menstrualne spremembe. Hormonske spremembe med vadbo se dogajajo predvsem zaradi izločanja kateholaminov. Ta odziv spodbuja delovanje drugih endokrinih žlez (prednji in zadnji režanj hipofize, skorja nadledvične žleze, ščitnica, obščitnica, jetra, trebušna slinavka, ledvice), te pa izločajo sekundarne hormone, ki povzročajo mobilizacijo energentov ter uravnavajo koncentracijo vode in elektrolitov v telesu med vadbo (Bunt, 1986).

Med vadbo se nekateri hormoni odzovejo tako, da se njihovo izločanje poveča, nekaterim se koncentracija zmanjša, na nekatere hormone pa vadba sploh ne vpliva (preglednica 1). Iz pregleda literature lahko zaključimo, da vadba ne vpliva bistveno na delovanje štirih hormonov: oksitocin, TSH ter hormona ščitnice T3 in T4. Učinki vadbe vplivajo na povečano delovanje naslednjih hormonov: ADH, RH, ACTH, PRL, kortizol, glukagon, aldosteron, adrenalin in noradrenalin. Ob ponavljajočih se visokointenzivnih vadbah pa se ravni FSH, LH, testosterona in inzulina zmanjšajo (McArdle idr., 2010).

Preglednica 1: Hormonske spremembe med vadbo (prirejeno po McArdle idr., 2010)

Hormon	Žleza izločanja	Naloga	Sprememba med vadbo
Antidiuretični hormon (ADH)	Hipofiza	Zadrževanje vode v telesu, vazokonstrikcija	Koncentracija ADH se poveča zaradi povečanega znojenja
Oksitocin	Hipofiza	Krčenje maternice in mlečnih vodov	Nespremenjena
Rastni hormon (RH)	Adenohipofiza	Sinteza beljakovin, spodbuja celično delitev, rast celic, razgradnja maščob	Kratkotrajna vadba spodbuja pulzno izločanje RH, dolgotrajna vadba pa spodbuja izločanje večjih količin RH tudi v mirovanju – daljša intenzivnejša vadba, večja količina RH
Adrenokortikotropni hormon (ACTH)	Adenohipofiza	Spodbuja izločanje glukokortikoidov (kortizola) iz skorje nadledvičnih žlez	Pospešeno izločanje
Tirotropni hormon (TSH)	Adenohipofiza	Rast in razvoj ščitnice, sinteza tiroksina in trijodtironina	Nespremenjeno

Hormon	Žleza izločanja	Naloga	Sprememba med vadbo
Prolaktin (PRL)	Adenohipofiza	Spodbuja rast mlečnih žlez med nosečnostjo in izločanje mleka po porodu	Koncentracija se poveča med intenzivnimi ponavljajočimi se treningi
Folikle spodbujajoči hormon (FSH)	Adenohipofiza	Spodbuja rast in zorenje jajčnih foliklov, izločanje estrogena pri ženskah, pri moških pa tvorbo spermijev	Redna visokointenzivna vadba povzroča upad koncentracije hormona
Luteinizirajoči hormon (LH)	Adenohipofiza	Spodbuja ovulacijo, izločanje progesterona, pri moških pa izločanje testosterona	Redna visokointenzivna vadba povzroča upad koncentracije hormona
Parathormon (PTH)	Obščitnica	Povečuje koncentracijo kalcija v krvi	Malo znanega
Tiroksin (T4) in trijodtironin (T3)	Ščitnica	Sinteza beljakovin, zorenje živčnega sistema, povečana raven bazalnega metabolizma, pravilna rast in razvoj, povečana aktivnost prebavnega trakta, povečanje srčne frekvence, minutnega volumna srca	Nespremenjeno
Aldosteron	Nadledvična žleza	Regulacija tekočinskega in elektrolitskega ravnovesja v telesu	Povečano izločanje
Kateholamin (adrenalin, noradrenalin)	Nadledvična žleza	Glikogenoliza, lipoliza v maščobnem tkivu, zaviranje inzulina, povečana koncentracija krvnega sladkorja, povečano znojenje, večja srčna aktivnost, vazokonstrikcija	Koncentracija se povečuje pri intenzitetah treninga nad 50 % VO ₂ max
Kortizol	Nadledvična žleza	Preprečuje nizko raven razpoložljivih substratov v krvi, razgradnja hranil	Povečano izločanje
Testosteron	Nadledvična žleza	Spodbuja spermatogenezo, razvoj moških sekundarnih znakov, spodbuja sintezo beljakovin, vpliv na živčni sistem	Po 15 do 20 min vadbe se zviša, doseže svoj vrh takoj po treningu in se po 1 h vrne na prvotno raven – po vadbi se zmanjša
Glukagon	Trebušna slinavka	Glikogenoliza, lipoliza rezervnega maščevja	Povečanje, vendar šele s trajanjem treningov
Inzulin	Trebušna slinavka	Zmanjšuje koncentracijo glukoze v krvi	Pada premo sorazmerno z intenzivnostjo ali časom trajanja

Do nekaterih razlik v endokrinem odzivu pride tudi zaradi različne stopnje treniranosti vadečega. Na telesno aktivnost enake intenzivnosti se netrenirani posameznik odzove drugače kot trenirana oseba. Pri netrenirani osebi je hormonski odziv večji, ker se tekom dolgotrajnih vadb poveča občutljivost organov na hormone, kar pomeni, da se enak odziv doseže z nižjo koncentracijo hormona. Raziskave ugotavljajo, da imajo trenirane osebe med vadbo večji odziv na ACTH in kortizol ter nižji odziv na RH, PRL, FSH, LH, testosteron, ADH, kateholamin in inzulin (McArdle idr., 2010).

1.4 Hormonske spremembe glede na tip vadbe

Obstajajo razlike v fizioloških odzivih na anaerobno in aerobno pretreniranost, čeprav pogosto vadbeni treningi vključujejo različne kombinacije velikih količin in visoke relativne intenzivnosti. Da bi popolnoma razumeli razvoj pretreniranosti z vadbo, je potrebno vsak dejavnik preučevati izolirano. Nekatere raziskave omenjajo, da anaerobne dejavnosti zaradi visoke intenzivnosti povzročijo pretreniranost bistveno hitreje kot aerobne dejavnosti (Hoffman, 2002). Hormonska nihanja, povezana s športno aktivnostjo, pa so odvisna od vrste vadbe (aerobna/anaerobna), intenzivnosti, trajanja, pogostosti treniranja in stopnje fizičnega treniranja. Na izločanje hormonov še posebej vpliva intenzivnost telesne vadbe. Visokointenzivna kratkotrajna fizična vadba poveča proizvodnjo hormonov (razen inzulina), zmerna dolgotrajna (aerobna) vadba pa povzroča upad in spremembo hormonske homeostaze (Borresen in Lambert, 2009). Aerobna vadba traja dlje časa, količina proizvedene mlečne kisline pa se bistveno ne spremeni in ni izrazite utrujenosti. Vključuje oksigenacijo perifernih celic in izboljšuje srčno-žilni sistem. Najpogostejši primeri aerobne vadbe so tek, plavanje, hoja in kolesarjenje. Anaerobna vadba traja razmeroma kratek čas, izvaja se z veliko intenzivnostjo, količina mlečne kisline pa je visoka. Anaerobna vadba porablja zaloge kisika v telesu. Srčni utrip se bistveno spremeni, vendar se po koncu vadbe vrne v normalno stanje. Primera anaerobne vadbe sta bodybuilding in sprint. Povečanje telesne aktivnosti spremlja večja izguba energije. Neravnovesje med proizvodnjo energije in precej višjo porabo energije vodi do aktiviranja prilagodljivih endokrinih in nevroendokrinih mehanizmov telesa (McArdle idr., 2010). Pri obeh načinih vadbe je cilj doseči superkompenzacijo preko povečanja obsega treningov (povečanje razdalje, povečano število serij in ponovitev) in intenzivnosti treningov (vadba nad VO₂max obremenitvijo). Enak napor predstavlja pri različnih športnikih različno obremenitev (Hoffman, 2002).

Zmerno aerobno vadbo spremlja postopno povečanje koncentracije ravnega hormona v plazmi, anaerobna vadba pa je povezana z nenadnim odzivom RH. Nekatere študije tekačev so pokazale postopno naraščanje RH v obdobju ogrevanja in 20-kratno vrednost na koncu tekme. Vrednosti ostajajo visoke še eno uro po prenehanju napora, nato pa so primerljive z osnovno vrednostjo. Pri aerobnih in ravno tako pri anaerobnih vadbah je v študijah prišlo do zmanjšanja ravni inzulina. Pri mlajših ženskah, ki izvajajo dolgotrajno telesno dejavnost (npr. plesalke, balerine), so bile ugotovljene zelo nizke vrednosti inzulina (Lencu, Nicula in Lotrean, 2016). Prolaktin večji odziv doseže pri aerobni vadbi. Pri ženskah lahko sproščanje prolaktina vpliva na

menstrualni cikel, ko ženske preintenzivno trenirajo (McArdle idr., 2010). Nekatere študije so pokazale, da se je pri moških po intenzivni (anaerobni) vadbi spremenilo delovanje ščitnice, in sicer se je zmanjšalo izločanje hormonov T3 in T4. V drugih raziskavah je pri vojaki, izpostavljenih stresu zaradi fizične pretreniranosti, pomankanja hrane in spanja, prišlo do zmanjšanja T3 in T4, ravno take rezultate pa so dobili tudi pri mladih športnicah po zelo intenzivnem treningu (Lencu idr., 2016). Zopet druge raziskave so pokazale pri moških med anaerobno vadbo slabši odziv hormonov T3 in T4 kot pri aerobni vadbi, zato točnih rezultatov na podlagi študij nimamo (McArdle idr., 2010).

Kortizol je hormon, katerega raven se med telesno vadbo poveča. Študije, izvedene na skupinah mladih športnikov, ki so bile izpostavljene aerobni in anaerobni vadbi, so pokazale dvig kortizola med naporom, ki je bil znatnejši v primeru aerobne vadbe. Po anaerobni vadbi so vrednosti kortizola ostale nespremenjene. Pri zmerni in kratkotrajni telesni aktivnosti se količina glukoze povečuje zaradi delovanja adrenalina. Pri dolgotrajni intenzivni telesni vadbi pa se raven razpoložljivih hranil toliko zniža, da se vključi kortizol. Kortizol najbolj »gospodarno« izrablja substrate, saj pospešuje predvsem lipolizo in varčuje z glikogenom. Dolgoročno delovanje kortizola je škodljivo, kratkoročno pa je hormon nujen predvsem z vidika kompenzacije hipoglikemije. Vendar pa pri kortizolu lahko hitro pride do nihanja, kar odraža prilagoditev telesa na stres, ki ga povzroča intenzivna in dolgotrajna vadba. Ta lahko povzroči energetska neravnovesja ali pomembne psihološke spremembe (McArdle idr., 2010).

Tako aerobna kot anaerobna vadba spodbujata povečano izločanje kateholaminov. Adrenalin se izloča popolnoma enako tako pod vplivom aerobne kot anaerobne vadbe, le odziv noradrenalina je drugačen. Izločanje noradrenalina med anaerobnim treningom se bistveno poveča (Kindermann idr., 1982). Posledično spreminjanje simpatičnega živčnega sistema, z zmanjšanjem kateholaminskega odziva, zavira alfa- in beta-adrenergične receptorje v maščobnem tkivu, zmanjšuje lipolizo ter spodbuja shranjevanje maščob in debelost (Lencu idr., 2016).

V zadnjih nekaj desetletjih vse več raziskav kaže, kako kronična izpostavljenost vzdržljivostni vadbi povzroča razvoj endokrine disfunkcije, ki lahko kasneje ogrozi normalne fiziološke procese. Večina raziskav na to temo se je osredotočila na športnice, natančneje na študije »ženske športne triade« (Hackney in Aggon, 2018). Pri mladih športnicah, ki so bile podvržene telesni vadbi z večjo intenzivnostjo pretreniranja, je bila dokazana sprememba v izločanju luteinizirajočega hormona in znižanje folikle spodbujajočega hormona. Zaradi endokrinih motenj, ki so posledica pretreniranja, je dandanes to velik problem v javnem zdravstvu pri mladih dekletih. Zaradi manjše sinteze LH pride do zavrtja ovulacije in manj izločenega progesterona. Progesteron pa je odgovoren za ugnezdenje oplojenega jajčeca in vzdrževanje sluznice v nosečnosti. Ob takih motnjah ne pride do ugnezditve. Manjša sinteza FSH pa spodbuja nepopolno zorenje jajčnih foliklov in zmanjšano sintezo estrogena. Posledično pride do amenorej, ni zorenja jajčnih foliklov, ni ovulacije in menstruacije, raven estrogena je lahko ob rednih intenzivnih treningih kronično znižana in nagnjenost k osteoporozi pri športnicah je

večja. Številne študije zato obravnavajo hormonski profil med telesno vadbo glede na stopnjo, trajanje vadbe in obdobje počitka (Fry in Kraemer, 1997).

Raziskovalci pa so v zadnjem času začeli obravnavati tudi vprašanje, kako vadbeni trening vpliva na reproduktivni endokrini sistem tudi pri moških. Na žalost je število ugotovitev na tem področju še vedno razmeroma majhno v primerjavi s številom raziskav, ki se osredotočajo na ženske, vendar so prvi vpogledi razkrili, da obstajajo podobnosti med spoloma (Hackney in Aggon, 2018). Stopnja testosterona v splošnem upada z večjim obsegom treninga. Raven testosterona se bo zmanjšala tudi s povečanim obsegom treninga vzdržljivosti ali treninga z visoko intenzivnostjo vzdržljivosti. Opažen pa je bil večji porast testosterona pri dvigovalcih uteži po letu treningov. Prav tako je bilo dokazano, da se stopnja testosterona ne vrne na raven pred vadbo 24 ur po stresnem obdobju (med tekmami). To bi lahko privedlo do izčrpanja in posledično pretreniranosti. Znižanje koncentracije testosterona s pretiranim obsegom vadbe lahko vpliva ne le na kontraktilne beljakovine, temveč tudi na številne druge fiziološke sisteme. Mišična moč je lahko ogrožena zaradi zmanjšane sinteze beljakovin v tkivu skeletnih mišic in zaradi sprememb nevronske regulacije aktivnih skeletnih mišic (Fry in Kraemer, 1997).

Študije na moških, ki v svojem programu treniranja opravijo ogromno število dolgih vzdržljivostnih treningov, kažejo predvsem nizko raven testosterona v mirovanju. Večina teh moških kaže klinično »normalne« ravni testosterona, vendar so ravni na zelo nizkem koncu normalne vrednosti in v nekaterih primerih dosežejo tako imenovano pomanjkanje testosterona. Takšne hormonske spremembe lahko povzročijo zmanjšano vsebnost mineralov v kosteh in manjšo spermatogenezo, s tem pa tudi težave z moško neplodnostjo. Razširjenost težav se zdi majhna (okoli 15–25 % moških, ki izvajajo kronični trening vzdržljivosti), vendar kot je bilo ugotovljeno, je raziskav, ki bi preučevale to stanje in njegove posledice, v literaturi le malo. Na drugi strani imajo lahko spremembe ravni testosterona, ki jih povzroči vzdržljivostni trening, pozitivne učinke na telesno sestavo (zmanjšanje nepotrebne mišične mase in celotne telesne mase) in tako koristijo športniku pri telesni zmogljivosti. Vendar pa so kljub temu potrebne dodatne raziskave na tem področju (Hackney in Aggon, 2018).

Študij, ki opisujejo vrednosti hormonov glede na tip vadbe, ni veliko. Za primer si lahko vzamemo študijo na sedemnajstih študentih, ki so opravljali različne vadbne. Adrenalin, noradrenalin, rastni hormon, kortizol, inzulin, testosteron in estradiol so določili v venski krvi, glukozo in laktat pa v arterijski krvi. Ugotovili so, da se je koncentracija adrenalina in noradrenalina v času anaerobne vadbe povečala 15-krat, med aerobno vadbo pa 3- do 4-krat. Koncentracija kortizola se je povečala za 35 % med anaerobno vadbo (12 % od tega se je pojavilo v obdobju po vadbi) in za 54 % pri aerobni vadbi. Koncentracija inzulina se je med anaerobno vadbo povečala, pri aerobni vadbi pa se je zmanjšala. Vrednosti koncentracije testosterona in estradiola sta se povečali za 14 % in 16 % med anaerobno vadbo, pri aerobni pa za 22 % in 28 %. Rezultati kažejo na izrazito višjo simpatično nadledvično aktivnost pri anaerobni vadbi. Kortizol in rastni hormon pa sta bila bolj prizadeta zaradi intenzivnega dolgotrajnega gibanja (Kindermann idr., 1982).

Naslednja študija (Hackney, Premo in McMurray, 1995) je pregledovala delovanje hormonov med anaerobno in aerobno vadbo pri moških. Aerobna vadba je trajala eno uro pri 65 % VO₂max, enkratna anaerobna vadba pa dve minuti pri 110 % VO₂max. Vzeti so bili vzorci krvi za določanje koncentracije testosterona, LH, FSH, prolaktina in kortizola. Prišlo je do zvišane vrednosti testosterona, prolaktina in kortizola tako med aerobno kot anaerobno vadbo. Pri nobeni vadbi pa ni prišlo do sprememb pri LH in FSH.

Nevroendokrini sistem se torej odzove na vadbo, zato so kazalci pretreniranosti tudi nevroendokrini rezultati. Ni pa še povsem jasno, katere hormonske spremembe kažejo normalen odziv na vadbo, katere so prilagoditve na dolgotrajno vadbo ali pa so morda pokazatelj pretreniranosti.

2 NAMEN, HIPOTEZE IN RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

Cilj zaključne naloge je ugotoviti, do katerih hormonskih sprememb pride pri pretreniranosti športnika, kako vadba vpliva na delovanje endokrinega sistema in kako se telo odzove na pretirano intenzivnost treningov.

Namen diplomske naloge je opredeliti pomen pretreniranosti, napisati in razložiti identifikacijo hormonskih sprememb, ki so značilne za pretreniranost športnika med vadbo, osredotočiti se na delovanje posameznih hormonov in opredeliti hormonske spremembe glede na tip vadbe (aerobna/anaerobna).

V nalogi se bomo ukvarjali z naslednjimi raziskovalnimi vprašanji:

Do katerih hormonskih sprememb pride med vadbo?

Kakšne so razlike v hormonskem delovanju pri aerobni in anaerobni vadbi?

Katere hormonske spremembe so bile ugotovljene pri pretreniranosti?

Ali na podlagi meritev hormonskih sprememb lahko ugotovimo, če je športnik pretreniran?

3 METODE DELA

Pri metodah dela smo uporabili različne brskalnike: PubMed, Google Scholar in ScienceDirect. Za iskanje internetnih znanstvenih člankov smo izbrali posamezne ključne besede, kot so: *hormones, overtraining, sports endocrinology, cortisol, growth hormone, testosterone, resistance exercise, luteinizing hormone, release hormone, hypothalamus-pituitary-adrenal axis, overtraining syndrome, anaerobic exercise, aerobic exercise, training, endocrine sistem*. Vse iskane besedne zveze se nanašajo na hormonske spremembe pri pretreniranih športnikih, kot tudi na hormonsko delovanje v mirovanju in med samo aktivnostjo. Na začetku smo izbrali nekaj preglednih člankov. Z iskalnim nizom *hormones AND overtraining* smo dobili 134 zadetkov. Najbolj optimalne za raziskovanje naše teme smo prebrali ter literaturo porazdelili glede na posamezne teme. Med prebiranjem smo nekatere članke tudi opustili in se osredotočili predvsem na vsebinsko kvalitetnejše in bolj specifične teme. Pri izbiranju primerne literature smo bili pozorni tudi na leto izdaje članka. Usmerili smo se predvsem na sodobne članke, da bi s tem pridobili čim novejšo podatke, saj se v zadnjem času znanje na tem področju razvija. Poleg internetnih virov pa smo uporabili tudi nekaj knjižne literature, ki nam je bila v pomoč pri raziskovalnih vprašanjih.

4 REZULTATI

4.3 Hormonske spremembe pri pretreniranih športnikih

Zanimalo nas je, do kakšnih hormonskih sprememb pride pri osebi, ki je v stanju pretreniranosti. Z iskalnim nizom, kot je navedeno v poglavju Metode dela, smo v bazi PubMed našli 134 zadetkov. Po pregledu povzetkov smo jih glede na vsebinsko ustreznost izbrali 13, ki so predstavljeni v preglednici 2.

Preglednica 2: Pregled študij hormonskih sprememb pri pretreniranih športnikih

Študija	Preiskovanci	Merjeni parametri	Rezultati in ugotovitve
Cadegiani in Kater (2019)	51 moških (14 športnikov s sindromom pretreniranosti (OTS), 25 zdravih športnikov (ATL), 12 zdravih sedečih udeležencev (NCS))	Celoten testosteron, estradiol, inzulinu podoben rastni faktor 1, ščitnic spodbujajoči hormon, prosti tirozin, skupni in frakcionirani kateholamin in metanefrin, laktat, feritin, kreatinin, kreatin kinaza, hitrost sedimentacije eritrocitov, C-reaktivni protein, lipidni profil, hemogram	Nevtrofilci in testosteron so bili v skupini z OTS nižji kot v skupini ATL, a podobni med skupinama OTS in NCS. Kreatin kinaza, laktat, estradiol, skupni kateholamin in dopamin so bili v skupini OTS višji kot v skupinah ATL in NCS, medtem ko je bilo razmerje med testosteronom in estradiolom nižje tudi po prilagoditvi za vse spremenljivke. Limfociti so bili v skupini ATL nižji kot v skupinah OTS in NCS. Skupini ATL in OTS sta trenirali z enako intenzivnostjo, pogostostjo in vrstami vadbe. Pri moških s sindromom pretreniranosti je bil zaznan povečan estradiol, znižanje testosterona in spremembe imunskega sistema, pri čemer so bile pri zdravih športnikih vidne posledice prilagoditvenih sprememb.
Maso, Lac, Filaire, Michaux in Robert (2004)	25 vrhunskih mladih igralcev ragbija	Povezanost med novim standardiziranim vprašalnikom (o zgodnjih kliničnih simptomih pretreniranosti) in dvema hormonoma (kortizolom in testosteronom)	Povezanost med rezultatom vprašalnika in koncentracijo testosterona je bila ugotovljena, ne pa tudi med rezultatom vprašalnika in koncentracijo kortizola.
Cadegiani, Kater in Gazola (2019)	Športniki s sindrom pretreniranosti (n=14), zdravi športniki (n=22) in fizično neaktivni (n=14)	Endokrini in presnovni odzivi na visokointenzivne treninge	Višje vrednosti kortizola pri zdravih športnikih kot pri OTS in fizično neaktivnih osebah. Vrednosti ACTH so bile nižje pri OTS kot pri zdravih športnikih. RH je bil povišan pri vseh skupinah, testosteron pa pri zdravih športnikih. Koncentracija prolaktina pri zdravih športnikih je bila po vadbi povečana, medtem ko je pri OTS ostala nespremenjena. Vrednost laktata

Študija	Preiskovanci	Merjeni parametri	Rezultati in ugotovitve
			je pri OTS nižja kot pri zdravih športnikih. Estradiol je nižji pri športnikih z OTS. Pri športnikih s sindromom pretreniranosti je kakovost spanja slabša ter poslabšano stanje utrujenosti in živahnosti.
Hooper idr. (2019)	22 moških, ki so sodelovali na svetovnem prvenstvu Ironman 2011	Bazalna koncentracija testosterona in kortizola	Zmanjšane vrednosti testosterona, včasih tudi že klinično nizke koncentracije.
Cadegiani in Kater (2017b)	51 oseb (14 pretreniranih, 25 zdravih telesno aktivnih, 12 zdravih neaktivnih)	Kortizol, ACTH, uspešnost treniranja	V primerjavi s pretreniranimi osebami sta bila kortizol in ACTH bistveno povečana pri zdravih športnih osebah. Zdravi športniki so bolj prilagodljivi na vadbene programe, ki so pripomogli k izboljšanju športnospecifične uspešnosti, medtem ko se je hormonski odziv na vadbo vsaj delno izgubil pri pretreniranosti, kar lahko razloži zmanjšanje uspešnosti.
Nicoll, Hatfield, Melanson in Nasin (2018)	16 tekačic (9 na srednje razdalje, 7 na dolge razdalje)	TSH, T3, T4 (zbrani pred in po sezoni), merjenje utrujenosti	V povprečju se vrednosti TSH, T3 in T4 niso značilno spremenile merjeno pred in po sezoni. Odstotna sprememba v T3 je bila povezana z uspešnostjo teka na koncu sezone. Koncentracije TSH se spreminjajo prepočasi, da bi bile pogost kazalnik spremljanja pretreniranosti, vendar so povezane s kazalniki zmanjšane učinkovitosti.
Cadegiani in Kater (2018)	51 oseb (14 pretreniranih, 25 zdravih športnikov, 12 zdravih neaktivnih oseb)	Odziv ravnega hormona in prolaktina	Pri športnikih s sindromom pretreniranosti se kaže znižana bazalna koncentracija RH in prolaktina.
Booth, Probert, Forbes-Ewan in Coad (2006)	51 moških in 7 žensk v avstralski vojski	Raven testosterona, merjenje fizične in psihične utrujenosti	Pokazali so se simptomi pretreniranosti, negativni psihološki simptomi, zmanjšane vrednosti železa, zmanjšanje testosterona in povišanje kortizola med vadbo ter upad telesne teže pri moških.
Meeusen idr. (2004)	7 dobro treniranih kolesarjev, ki so bili testirani pred in po vadbenem taboru, 1 pretreniran motociklistični športnik	Uspešnost treniranja na podlagi hormonskih odzivov kortizola, ACTH, prolaktina in RH	Učinkovitost se je med prvo in drugo preizkusno vadbo v skupini preobremenjenih zmanjšala za 6 %, pri pretrenirani osebi pa za 11 %. Prolaktin se je pri pretrenirani osebi povečal za 14 %, ravno tako pa se je povečal tudi pri dobro treniranih športnikih. ACTH se je znižal za 7 % pri pretrenirani osebi ter povečal pri dobro treniranih. Raven RH se je zvišala pri obeh skupinah. Kortizol se je pri pretreniranem povečal in pri preobremenjenih zmanjšal. To je dokaz o spremenjenem in nefunkcionalnem odzivu hipotalamično-hipofizne osi na dve vrsti maksimalne vadbe.

Študija	Preiskovanci	Merjeni parametri	Rezultati in ugotovitve
Fry, Kraemer in Ramsey (1998)	17 moških (11 pri visoki intenzivnosti treninga, 6 pri nižji intenzivnosti vadbe proti upor)u)	Koncentracije testosterona, prostega testosterona, kortizola, RH in peptida F	V skupini moških z visoko intenzivnostjo vadbe ni močnega vpliva na koncentracije testosterona, prostega testosterona, kortizola, RH in peptida F. Kaže, da sprememb pri pretreniranosti zaradi treninga proti upor)u ne moremo določiti na podlagi sprememb koncentracij testosterona in kortizola, za katere vemo, da se zgodijo pri pretiranem vzdržljivostnem treningu.
Urhausen, Gabriel in Kindermann (1998)	17 moških športnikov iz vzdržljivostnih športov (kolesarji in triatlonci)	Hormonski odziv pri pretreniranih športnikih v mirovanju in med vadbo	Povečanje ACTH in RH, zmanjšanje kortizola in inzulina v mirovanju. Odziv prostih kateholaminov se ni spremenil. Sečnina v serumu, sečna kislina, feritin in aktivnost kreatin kinaze niso pokazale razlik v stanju počitka.
Anderson, Haake, Lane in Hackney (2016)	20 igralcev ameriškega nogometa	Ravni interleukina 6 (IL-6), testosterona in kortizola v predsezonskem programu treninga	Povišane vrednosti IL-6 in kortizola ter znižane vrednosti prostega testosterona v predsezonskem programu treninga vzdržljivosti.
Meeusen idr. (2010)	10 športnikov s slabšim uspehom, pri katerih je bil zaznan sum na nefunkcionalno preobremenitev (NFO) in sindrom pretreniranosti (OTS) (NFO=5 športnikov, OTS=5 športnikov)	Koncentracije kortizola, ACTH, prolaktina, ravnega hormona in laktata	Največja koncentracija laktata v krvi je bila pri OTS nižja v primerjavi z NFO, koncentracije kortizola, ACTH in prolaktina v mirovanju pa višje pri osebah z OTS.

Na podlagi analize študij smo ugotovili, da je najpogostejši pokazatelj pretreniranosti testosteron. To nam potrdijo številne raziskave (Cadegiani in Kater, 2019; Hooper idr., 2019; Booth idr., 2006; Anderson idr. 2016; Maso idr., 2004). Vse študije govorijo o znižani vrednosti testosterona pri pretreniranih športnikih. Fry idr. (1998) sicer poročajo, da razlike v testosteronu niso enakovredne, kadar gre za pretreniranost zaradi vzdržljivostnega treninga ali treninga proti upor. Pri prvem je koncentracija res nižja, pri drugem pa ne tako izrazito (Fry idr., 1998).

Čeprav se še niso uveljavili posebni določevalci sindroma pretreniranosti, še vedno veljata testosteron kot anabolični hormon in kortizol kot katabolični hormon za pogosta pokazatelja pretreniranosti. Serumska koncentracija testosterona in kortizola je bila prikazana kot zanesljiv kazalec stresa pri vojaškem treningu. Razmerje med tema dvema hormonoma kaže ravnovesje med anabolično in katabolično aktivnostjo. Prav tako se domneva, da bi lahko spremljanje treninga in preprečevanje sindroma pretreniranosti izvajali preko sprememb teh dveh hormonov. Nekateri študije kažejo tudi, da zmanjšan odziv kortizola na akutno submaksimalno vadbo in znižana koncentracija bazalnega kortizola služita kot dobra pokazatelja izčrpujočih treningov (Tanskanen idr., 2011). Hormona testosteron in kortizol kažeta kontrastne fiziološke lastnosti. Zato je bilo razmerje med njima uporabljeno v številnih raziskavah treniranja in pretreniranosti. Razlaga pomena razmerja med testosteronom in kortizolom, ki ga povzroči vadba, je lahko težka, ker oba hormona prispevata k tipičnim zmanjšanim akutnim vrednostim. V nasprotju s tem pa se je po dveh tednih intenzivne vadbe za moč zgodilo rahlo povečanje razmerja testosterona in kortizola v mirovanju, kar lahko ponovno ponazarja, da različni protokoli in načini pretreniranosti proizvajajo različne endokrine odzive (Fry in Kraemer, 1997). Booth idr. (2006) ter Anderson idr. (2016) so merili razmerje kortizola in testosterona pri pretreniranih športnikih v mirovanju. V obeh raziskavah so prišli do enakih ugotovitev, in sicer do povečanih vrednosti kortizola ter zmanjšanih vrednosti testosterona, količnik kortizol/testosteron se torej poveča. Tak rezultat je smiseln glede na to, da oba hormona nastajata iz iste izvirne spojine. Če torej nastaja več ene, bo posledično manj druge. Na splošno se raven kortizola med vadbo poviša, in sicer se bolj odziva na dolgotrajne treninge (Cadegiani in Kater, 2017b; Booth idr., 2006). Glede na analizirane študije se tudi pri pretreniranih športnikih kortizol poveča (Cadegiani in Kater, 2019; Meeusen idr., 2004; Anderson idr., 2016; Meeusen idr., 2010), razlika pa je ta, da ostane vrednost kortizola povišana tudi v mirovanju (Urhausen idr., 1998).

Za vse druge hormone se rezultati raziskav in študij med seboj razlikujejo. Urhausen idr. (1998) ter Meeusen idr. (2010) govorijo o povečani vrednosti ACTH pri športnikih s sindromom pretreniranosti, spet drugi pa ugotavljajo znižano vrednost ACTH (Cadegiani in Kater, 2019; Meeusen idr. 2004). Dokazi v povezavi s pretreniranostjo z zelo aerobnimi aktivnostmi kažejo, da se tu sproščanje ACTH zmanjša z velikimi količinami vadbe. Daljše telesne aktivnosti spodbujajo tudi sproščanje kortikotropina, ki pa zavira izločanje ACTH. Uravnavanje ACTH pa je povezano tudi z izločanjem kortizola, saj se njegova koncentracija posledično zmanjša. Ravni ACTH so oslabiljene tudi s povečano intenzivnostjo vadbe (McArdle idr., 2010).

Hormon prolaktin (PRL) se v povezavi s pretreniranostjo športnika v študijah vse pogosteje omenja, zato tudi ta hormon štejemo pod enega pogostih kazalcev pretreniranosti. Cadegiani in

Kater (2019) poročata o povečani vrednosti prolaktina pri zdravih športnikih ter o nespremenjenih vrednostih pri pretreniranih. Meeusen idr. (2004) govorijo o povečanih vrednostih pri zdravih športnikih ter še močnejše povečani vrednosti prolaktina pri pretreniranih športnikih. Povečane vrednosti pri pretreniranosti zasledimo tudi v drugi raziskavi (Meeusen idr., 2010). Le v eni raziskavi (Cadegiani in Kater, 2018) je zaslediti zmanjšane vrednosti prolaktina.

Rastni hormon se izloča na način, ki je odvisen od intenzivnosti vadbe. Višja kot je intenzivnost, več ravnega hormona se izloča. Daljša in intenzivnejša vadba spodbujata izločanje večje količine ravnega hormona, tudi v mirovanju. S tem posledično vplivamo na sintezo mišičnih beljakovin, rast in obnovo hrustancev, razgradnjo maščob, v jetrih glukoneogenezo, zmanjša se prevzem glukoze v jetrih, kar omogoča zadovoljivo količino za potrebe mišičnega sistema. Opravljene so bile tudi raziskave pri povečanem obsegu treninga do stanja pretreniranosti, pri čemer je prišlo do sprememb vrednosti ravnega hormona (Fry in Kraemer, 1997). Cadegiani in Kater (2019) ter Meeusen idr. (2004) poročajo o povečani vrednosti ravnega hormona med pretreniranostjo, Urhausen idr. (1998) pa tudi v času mirovanja. Spet druge raziskave poročajo o nižani bazalni vrednosti RH (Cadegiani in Kater, 2018).

Na podlagi delovanja endokrinega sistema smo ugotavljali tudi učinkovitost treninga pri posameznikih s sindromom pretreniranosti in zdravih športnikih. Cadegiani in Kater (2019) ugotavljata, da so zdravi športniki bolj prilagodljivi na vadbene programe, ki pripomorejo k izboljšanju športne uspešnosti, medtem ko se hormonsko ravnovesje pri pretreniranih športnikih ruši in se posledično zmanjšuje uspešnost treniranja. Študije so pokazale, da se uspešnost treninga zmanjša pri pretreniranih osebah (Cadegiani in Kater, 2017a). Meeusen idr. (2004) ugotavljajo, da se je učinkovitost pri preobremenjenih zmanjšala za 6 %, pri pretreniranih osebah pa za 11 %.

S pregledom študij smo ugotovili povezanost dejavnikov, npr. hormonskih sprememb in športnikovega stanja. Pri nekaterih študijah so se pojavili tudi negativni psihološki simptomi vadečega, slabša kakovost spanja, poslabšano stanje živahnosti in utrujenosti (Maso idr., 2004; Booth idr., 2006; Cadegiani in Kater, 2019).

5 RAZPRAVA

Ugotovili smo, da pretreniranost vpliva na endokrini sistem, posledično pa tudi na hormonsko neravnovesje. To dokazujejo številne analizirane študije, ki govorijo o različnih koncentracijah in odzivih hormonov športnika v obdobju pretreniranosti. Tako lahko potrdimo našo prvo hipotezo, da pretreniranost vpliva na hormonsko neravnovesje. Pri raziskavah, ki spremljajo nevroendokrine odzive in prilagoditve na gibanje, so uporabljene tako faze mirovanja kot ravni vadbe. Pomembno pa je opozoriti, da ta dva vidika nista enaka in ju je mogoče nadzorovati z različnimi mehanizmi. Spremembe v hormonskem stanju v fazi mirovanja zaradi kroničnih prilagoditev predstavljajo fiziološki regulativni mehanizem, kateremu so nenehno izpostavljena vključena tkiva. Po drugi strani spremembe v hormonskih odzivih, ki jih povzroča vadba, predstavljajo sistemski odziv na stres pri vadbi in sposobnost sistema, da se z njimi sooči. Te razlike je potrebno upoštevati pri primerjavi hormonskih ravni med počitkom in vadbo. Zelo pogosto spregledan vidik je, da različni načini vadbe prinašajo različne endokrine odgovore. Vsak trening vsebuje pet akutnih spremenljivk treniranja: izbira vadbe (aerobna ali anaerobna), vrstni red vaj, število nizov, intervali počitka in obremenitev. Če spremenimo počitek s treh minut na eno in obremenitev s 5 RM na 10 RM, dobimo drugačen hormonski odziv. Zato je potrebno spremenljivke treninga skrbno nadzorovati in količinsko opredeliti. Učinek povečanega obsega treniranja (razdalja, število nizov, intenzivnost, odstotek VO_2max) je bil raziskan na aerobnih vadbah in na anaerobnih vadbah. Pomembno je tudi omeniti, da je interpretacija endokrinih podatkov odvisna od dnevne spremembe koncentracij hormonov (Fry in Kraemer, 1997). Poudarek je predvsem na stresu, tako fizičnem kot psihičnem, s katerim se posameznikovo telo srečuje. Naloga teh raziskovalnih literatur na tem področju je, da skrbno nadzorujejo in poskušajo jasno določiti le vpliv vadbenega stresa na hormonski odziv. Vendar pa je v današnjem času v veliko primerih zelo težko opredeliti le en stresni dejavnik.

Hormonski odzivi na aerobno vadbo so drugačni kot odzivi na anaerobno vadbo. Zato se razlikuje tudi hormonsko stanje pretreniranega vzdržljivostnega športnika od stanja pretreniranega športnika, pri katerem so treningi večinoma anaerobni. Ugotovili so, da je 77 % udeleženih v športih, ki zahtevajo večjo stopnjo moči, hitrosti in koordinacije, visoko dovzetnih za pretreniranost. Dejavnosti, ki zahtevajo višjo raven moči, hitrosti in koordinacije, so preučevane kot anaerobne aktivnosti pretreniranosti (Fry in Kraemer, 1997). Nekatere raziskave omenjajo, da zaradi visoke intenzivnosti pri anaerobni vadbi pride do pretreniranosti bistveno hitreje ter posledično do večjih hormonskih sprememb (Kindermann idr., 1982). Vendar pa hormonska nihanja niso odvisna samo od vrste vadbe, temveč tudi od intenzivnosti, trajanja, pogostosti treniranja in stopnje fizične pripravljenosti športnika. Na podlagi analizirane literature smo ugotovili, da kratkotrajna visokointenzivna vadba poveča proizvodnjo hormonov, dolgotrajna vadba zmerne intenzivnosti pa doseže upad in spremembo homeostaze (Borresen in Lambert, 2009). Zavedati pa se moramo tudi, da enak napor različnim športnikom predstavlja različno obremenitev. Odziv vsakega posameznika je ne glede na vrsto treniranja različen. Hoffman (2002) trdi, da je pretreniranost pogosta pri športnikih, ki se ukvarjajo z vzdržljivostno vadbo ali vadbo za moč. Dandanes so treningi sestavljeni kombinirano, zato vključujejo tako aerobno kot anaerobno vadbo. S tem smo odgovorili tudi

na četrto hipotezo diplomske naloge – trditve, da pri anaerobni vadbi pride do večjih hormonskih sprememb kot pri aerobni, ne moremo potrditi, saj so hormonski odzivi različno prisotni tako pri enem kot pri drugem tipu vadbe.

Nadalje smo v nalogi želeli določiti, ali na podlagi koncentracij hormonov, ki se spreminjajo pri pretreniranosti, lahko ugotovimo, ali je športnik pretreniran. Iz raziskav izhaja, da med najpogostejše kazalce hormonov v pretreniranosti sodijo ACTH, rastni hormon, prolaktin, testosteron in kortizol. Vendar pa na podlagi analiziranih študij vidimo, da ni mogoče podati zgolj ene splošne ocene hormonskih stanj, po kateri bi izračunali oz. potrdili pretreniranost. Hormoni se pri vsakem posamezniku odzivajo drugače – glede na to, ali je športnik v stanju aktivnosti ali mirovanju, s kakšno športno disciplino se ukvarja, kakšen je program treninga in kakšni so njegovi obstranski dejavniki –, zato se posledično tudi študije med seboj razlikujejo. Na podlagi teh spoznanj lahko ovržemo drugo hipotezo diplomske naloge. S pomočjo rezultatov smo naredili zgolj ožji nabor hormonov, ki se najpogosteje spreminjajo v obdobju pretreniranosti. Žal pa ne moremo na podlagi teh študij vsebovanosti hormonov ugotoviti, ali je športnik pretreniran. Kot najbolj uporabni za ta namen se kažeta meritev testosterona, za katerega večina študij ugotavlja, da je pri pretreniranosti znižan, in koncentracija kortizola, ki ni povišana samo tik po vadbi, ampak tudi v mirovanju. Pri tem je dodatna težava ta, da iz mnogih študij ni mogoče razbrati, v katerem stanju je športnik, oziroma študije slabo ovrednotijo, ali je športnik v aktivni fazi ali v fazi mirovanja. Pogosto tudi ni navedeno, v kako aktivnem delu sezone so športnike obravnavali.

Študije so pokazale, da v kratkem obdobju povečane količine treningov ne povzročijo kakršnih koli simptomov pretreniranosti oziroma da ima povečana intenzivnost treningov v kratkem obdobju pozitivne učinke na izboljšanje rezultatov. Nasprotno pa spet druge študije kažejo, da nenadno povečanje treninga lahko spodbuja pretreniranost. Čeprav vzdržljivostni športniki prilagajajo intenzivnost in količino treninga, literatura opozarja, da prekomerna količina treninga brez primerne faze počitka lahko športnika popelje v tveganje za pojav pretreniranosti. Zanimivo je dejstvo, da je kljub velikemu številu športnikov, ki se ukvarjajo z nogometom in košarko, narejeno zelo malo raziskav, vezanih na pretreniranost v teh dveh kolektivnih športih (Hoffman, 2002). Bistveno več raziskav je opravljenih pri tekačih. V nekaterih študijah je bilo ugotovljeno, da je 60 % elitnih tekačev v svoji karieri že izkusilo stanje pretreniranosti (Ackland, 2003).

Pretreniranost vpliva na hormonsko neravnovesje in posledično na uspešnost treninga. Učinkovitost pri pretreniranosti se zmanjša, kar dokazujejo številne raziskave (npr. Meeusen idr., 2004; Cadegiani in Kater, 2017b). Z zmanjšanjem učinkovitosti treninga se zmanjša tudi športnikov uspeh na tekmovanjih. Meeusen idr. (2004) so raziskali, da učinkovitost pri pretreniranih športnikih bistveno bolj pada kot pri zdravih športnikih. Ackland (2003) pravi, da športnik v začetni fazi pretreniranosti dosega 5–15 % slabše rezultate. Pravzaprav se upad športnikove zmogljivosti zaenkrat uporablja kot glavno merilo, na podlagi katerega pretreniranost sploh določamo. Tretjo hipotezo diplomske naloge, da hormonsko neravnovesje vpliva na športnikov uspeh oziroma športno zmogljivost, lahko na podlagi teh trditev potrdimo.

Poznamo tudi nekatere druge kazalnike pretreniranosti, ki se kažejo v krvi, a niso hormoni. Pri pretreniranih športnikih se pokaže zmanjšana anaerobna laktatna učinkovitost, padec maksimalne srčne frekvence, zmanjša se respiratorni količnik za kisik, pa tudi laktat v submaksimalnih obremenitvah je nižji in s tem višji anaerobni prag (Kindermann idr., 1982). Kot pogost pokazatelj se v raziskavah pojavi kreatin kinaza. Aktivnost kreatin kinaze se po vadbi za moč zmanjša, kar se kaže v nizki stopnji motenj v skeletnih mišicah in ne prispeva k oslabljeni moči. Raziskano je bilo, da se aktivnost kreatin kinaze pokaže ob prisotnosti prekomernega treninga, kar dokazuje tudi študija Cadegiana in Katerja (2019). Fry idr. (1991) poročajo, da koncentracije sečne kisline, sečnine in kreatin fosfokinaze ostanejo povečane tudi 24 ur po vadbi. Drugi pokazatelj pa je vrednost laktata. Laktatni odzivi na vadbo pri pretreniranih športnikih so pokazali, da se vrednost zmanjšuje ali pa ostaja enaka (Cadegiani in Kater, 2019). Zmanjšan laktatni odziv so opazili tudi ob prisotnosti prekomernega treninga pri vadbi z največjo intenzivnostjo (Cadegiani in Kater, 2019; Meeusen idr., 2010). Težava pri uporabi takšnega fiziološkega odziva kot pokazatelja pretreniranosti je v tem, da je zmanjšana koncentracija laktata pri enaki submaksimalni vadbi normalna prilagoditev za vadbo vzdržljivosti, zato je pomembno, da se določi maksimalni odziv laktata med maksimalno vadbo. Znano je, da se glikogen v mišicah s podaljšanjem vadbe zmanjšuje. Znižana vrednost glikogena pa lahko prispeva k zmanjšanju laktatnega odziva, ki ga povzroči še dodatno povečanje obsega vadbe. Tretji pokazatelj pretreniranosti je amonijak. Nekateri podatki so pokazali, da se lahko po povečanem prenapornem treningu raven amonijaka poveča, vendar pa nekatere druge študije tega niso potrdile (Fry in Kraemer, 1997). Cadegiani in Kater (2019); Urhausen (1998) in Kindermann idr. (1982) so v svojih študijah kot pokazatelje pretreniranosti predstavili sečno kislino, amonijak, kreatin kinazo in nekatere hormone. Trenutno pa se uporabljajo tudi drugi pokazatelji, kot so: psihološki testi, biokemični kazalniki in imunski kazalniki. Vendar pa nobeden od njih ne izpolnjuje vseh pogojev, da bi bila njegova uporaba lahko splošno sprejeta (Meeusen idr., 2013). Na vse parametre poleg količine treninga pomembno vpliva tudi način prehranjevanja, kar moramo upoštevati pri interpretaciji teh meritev.

Med pokazatelje pretreniranosti nekatere študije uvrščajo tudi spremenljivost srčnega utripa in koncentracijo urinskega stresnega hormona kortizola. Opravljena je bila študija, pri kateri so spremljali spremembe srčnega utripa (variabilnost srčnega utripa) in koncentracijo stresnega hormona med spanjem. Neravnovesje avtonomnega živčnega sistema je predstavljeno kot eden od simptomov pretreniranosti. Ugotovljeno je bilo, da je bila pri pretreniranih športnikih motena srčna avtonomna modulacija po prebujanju, medtem ko se avtonomna modulacija med nočnim spanjem ni razlikovala. Rezultati kažejo, da se je parasimpatična srčna modulacija po prebujanju rahlo zmanjšala pri športnikih, ki so preveč trenirali. Zanimivo je, da je v urah tik po prebujanju opazno povečano tudi tveganje za srčni infarkt, zastoj srca in možgansko kap – istočasno kot je bila ugotovljena motnja pri pretreniranih športnikih. Med skupinami v tej študiji ni bilo ugotovljenih razlik v koncentraciji stresnih hormonov v nočnem urinu (Hynynen, Uusitalo, Kontinen in Rusko, 2006).

Dejstvo je, da je raziskav s področja pretreniranosti še vedno relativno malo iz različnih vzrokov. Najpomembnejši razlog je, da nimamo zanesljivih meril, s katerimi bi določili, kateri športnik je sploh pretreniran. Za vsakega posameznika bi morali poznati vsaj začetno stanje pred začetkom sezone in imeti podatke o njegovih individualnih odzivih na vadbo. V takšnih študijah je nujno opredeliti in spremljati spremembe telesne zmogljivosti na več časovnih točkah ter spremljati čas regeneracije. Velikokrat je problem določiti, v kateri fazi se nahajajo športniki in ali so glede na obremenitev imeli primerno regeneracijo. Druga težava je pomankanje zanesljivih diagnostičnih orodij, zelo individualno odzivanje posameznika na trening in težavnost kontroliranja raziskovalnega okolja, ki bi omogočali dobre in zanesljive znake pretreniranosti (Halson in Jeukendrup, 2004).

Zanimive pa so tudi nekatere študije, vezane na psihološke metode pri ugotavljanju pretreniranosti športnika. Najpogosteje se uporabljajo metode RPE (*rate of perceived exertion*), REST-Q in POMS (*profile of mood state*). Nekatere raziskave ugotavljajo, da so psihološke spremenljivke boljši pokazatelj izčrpanosti kot fiziološke. Rezultati so namreč pokazali, da se pri regeneraciji športnikov psihološki znaki pretreniranosti prej pokažejo kot biokemični (Jeromen in Kajtna, 2007).

6 ZAKLJUČEK

Dolgoročni trening prinaša pozitivne fiziološke prilagoditve, ki so zelo koristne za človeško telo. Na primer povečajo se največji iztisni volumen srca, minutni volumen srca, največja arterijsko-venska razlika v vsebnosti kisika, število eritrocitov, zniža se raven založnih maščob in poveča se gostota mitohondrijev skeletne mišice. Takšne fiziološke spremembe povzročijo povečano zmogljivost človeka. Vendar vadbeni trening lahko povzroči tudi veliko stresa in obremenitve športnikovega telesa ter privede do neželenih fizioloških odzivov in zdravstvenih težav. Pri pretiranem povečevanju obsega in intenzivnosti treninga lahko pride do sindroma pretreniranosti, ki lahko popolnoma ogrozi sposobnost športnika za izvajanje športne panoge, ali pa privede do mišično-skeletnih travm in poškodb (Hackney in Aggon, 2018).

Za izboljšanje športnikovih rezultatov je potrebno program treninga strokovno načrtovati. Športniki, ki ne vložijo svojega maksimalnega dela v športno treniranje, nikoli ne spoznajo svojega potenciala. Pri načrtovanju treninga se je potrebno držati zakonitosti športnega treniranja, saj povezanost med večjo količino treninga in boljšimi rezultati ni linearna. Če športniki trenirajo prepogosto, preveč intenzivno in brez ustrezne regeneracije, se lahko uspešnost treniranja ustavi in rezultati se začasno poslabšajo. Tej fazi pravimo pretreniranost. Pretreniranost je povezana s fiziološkimi, psihološkimi, imunološkimi ter biokemičnimi znaki in simptomi. Danes obstaja že veliko metod, s katerimi lahko tako trenerji kot športniki prepoznajo znake pretreniranosti. Ena od predlaganih možnosti je sledenje spremembam v koncentracijah hormonov. Med gibanjem se koncentracija nekaterih hormonov poveča, zmanjša ali pa vadba ne vpliva na njihovo delovanje. S pregledom literature smo ugotovili, da se glede na vadbo ne spremeni izločanje oksitocina, TSH in hormonov ščitnice (T3, T4). Zmanjša se izločanje TSH, LH, testosterona in inzulina. Bistveno pa se poveča delovanje ADH, RH, ACTH, PRL, kortizola in glukagona. Različni tipi vadbe (aerobni, anaerobni) povzročijo različne endokrine odzive v telesu in tako različno koncentracijo hormonov v krvi.

Na podlagi analizirane literature lahko povzamemo, da pri pretreniranih športnikih pride do zmanjšanih vrednosti testosterona, težje pa govorimo o vrednostih kortizola, ACTH, ravnega hormona in prolaktina, saj vsaka študija prinaša svoje ugotovitve, katere so si glede na stanje pretreniranosti športnika med obdobjem treniranja ali počitka med seboj nasprotujoče. Nekatere smernice obstajajo, vendar pa se moramo na vsakega posameznika osredotočiti individualno, glede na njegovo športno disciplino, program treniranja in regeneracije. Poleg vrednosti hormonov moramo upoštevati še druge parametre, npr. kreatin kinazo, laktat, amonijak, srčni utrip, uporabni pa so tudi vprašalniki o psihološkem stanju. Z analizo študij pa smo potrdili, da pri pretreniranih športnikih uspešnost treninga pada (Meeusen idr., 2004).

7 VIRI

- Ackland, J. (2003). *The complete guide to endurance training*. London: A&C Black.
- Anderson, T., Haake, S., Lane, A. R. in Hackney, A. C. (2016). Changes in resting salivary testosterone, cortisol and interleukin-6 as biomarkers of overtraining. *Baltic journal of sport & health sciences*, 101(2), 2.
- Anselme, B., Périlleux, E., Richard, D., Novak, T., Pristovnik, F., Alkan, G. in Célérier, B. (1999). *Biologija človeka: Anatomija, fiziologija, zdravje*. Ljubljana: DZS.
- Antonio, J. in Stout, J. R. (2001). *Sports supplements*. USA: A Wolters Kluwer Company.
- Bonen, A., Haynes, F. J., Watson-Wright, W., Sopper, M. M., Pierce, G. N., Low, M. P. in Graham, T. E. (1983). Effects of menstrual cycle on metabolic responses to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 55(5), 1506–1513.
- Bompa, T. O. in Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training*. USA: Human Kinetics.
- Borresen, J. in Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine*, 39(9), 779–795.
- Booth, C. K., Probert, B., Forbes-Ewan, C. in Coad, R. A. (2006). Australian army recruits in training display symptoms of overtraining. *Military medicine*, 171(11), 1059–1064.
- Bunt, J. C. (1986). Hormonal alterations due to exercise. *Sports medicine*, 3(5), 331–345.
- Cadegiani, F. A. in Kater, C. E. (2017a). Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 9(1), 14.
- Cadegiani, F. A. in Kater, C. E. (2017b). Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) Axis Functioning in Overtraining Syndrome: Findings from Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome (EROS)—EROS-HPA Axis. *Sports medicine-open*, 3(1), 45.
- Cadegiani, F. A. in Kater, C. E. (2018). Hormonal response to a non-exercise stress test in athletes with overtraining syndrome: results from the Endocrine and metabolic Responses on Overtraining Syndrome (EROS)—EROS-STRESS. *Journal of science and medicine in sport*, 21(7), 648-653.
- Cadegiani, F. A. in Kater, C. E. (2019). Basal Hormones and Biochemical Markers as Predictors of Overtraining Syndrome in Male Athletes: The EROS-BASAL Study. *Journal of athletic training* 54(8), 906-914.
- Cadegiani, F. A., Kater, C. E. in Gazola, M. (2019). Clinical and biochemical characteristics of high-intensity functional training (HIFT) and overtraining syndrome: findings from the EROS study (The EROS-HIFT). *Journal of sports sciences*, 37(11), 1296-1307.

- Cumming, D. C., Wall, S. R., Galbraith, M. A. in Belcastro, A. N. (1987). Reproductive hormone responses to resistance exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 19(3), 234–238.
- Dežman, B. (2005). *Osnove teorije treniranja v izbranih moštvenih športnih igrah*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
- Dodson, L. D. (2010). *Over-training syndrome: A study to determine the correlation between the physiological symptoms and the psychological signs in college wrestlers* (Doctoral dissertation). Oklahoma State University).
- Fry, R. W., Morton, A. R. in Keast, D. (1991). Overtraining in athletes. *Sports Medicine*, 12(1), 32–65.
- Fry, A. C. in Kraemer, W. J. (1997). Resistance exercise overtraining and overreaching. *Sports medicine*, 23(2), 106–129.
- Fry, A. C., Kraemer, W. J. in Ramsey, L. T. (1998). Pituitary-adrenal-gonadal responses to high-intensity resistance exercise overtraining. *Journal of Applied Physiology*, 85(6), 2352–2359.
- Galbo, H. (1983). *Hormonal and metabolic adaptation to exercise* (pp. 1–117). Stuttgart: Thieme.
- Gawel, M. J., Park, D. M., Alaghband-Zadeh, J. in Rose, F. C. (1979). Exercise and hormonal secretion. *Postgraduate medical journal*, 55(644), 373–376.
- Hackney, A. C., Premo, M. C. in McMurray, R. G. (1995). Influence of aerobic versus anaerobic exercise on the relationship between reproductive hormones in men. *Journal of sports sciences*, 13(4), 305–311.
- Hackney, A. C. in Aggon, E. (2018). Chronic low testosterone levels in endurance trained men: the exercise-hypogonadal male condition. *Journal of biochemistry and physiology*, 1(1), 103.
- Halsen, S. L. in Jeukendrup, A. E. (2004). Does overtraining exist?. *Sports medicine*, 34(14), 967–981.
- Hoffman, J. (2002). *Physiological Aspects of Sport Training and Performance*. USA: Human Kinetics Publishers, Inc.
- Hooper, D. R., Kraemer, W. J., Stearns, R. L., Kupchak, B. R., Volk, B. M., DuPont, W. H., ... in Casa, D. J. (2019). Evidence of the exercise-hypogonadal male condition at the 2011 Kona Ironman World Championships. *International journal of sports physiology and performance*, 14(2), 170–175.
- Hynynen, E. S. A., Uusitalo, A., Kontinen, N. in Rusko, H. (2006). Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(2), 313.

- Jeromen, T in Kajtna, T. (2007). *Šport z bistro glavo – utrinki iz športne psihologije za mlade športnike*. Ljubljana: samozaložba.
- Karvonen, J., Lemon, P. W., in Iliev, I. (1992). Medicine in sports training and coaching. 35. *Med Sport Sci. Basel, Karger*, 35. Pridobljeno s <https://www.semanticscholar.org/paper/Medicine-in-sports-training-and-coaching-Karvonen-Lemon/18f19068a8d3cbc056845ac60794165f19f7bfa7> 2019.09.020
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., ... in Kallus, K. W. (2018). Recovery and performance in sport: consensus statement. *International journal of sports physiology and performance*, 13(2), 240–245.
- Kindermann, W., Schnabel, A., Schmitt, W. M., Biro, G., Cassens, J. in Weber, F. (1982). Catecholamines, growth hormone, cortisol, insulin, and sex hormones in anaerobic and aerobic exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 49(3), 389–399.
- Lencu, C., Nicula, R. in Lotrean, L. M. (2016). Hormonal response to physical exercise. *Palestrica of the Third Millennium Civilization & Sport*, 17(1), 56–60.
- Martinčič, Š. D., Cör, A., Cvetko, E. in Marš, T. (2007). *Anatomija histologija fiziologija*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta.
- Maso, F., Lac, G., Filaire, E., Michaux, O. in Robert, A. (2004). Salivary testosterone and cortisol in rugby players: correlation with psychological overtraining items. *British journal of sports medicine*, 38(3), 260–263.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. in Katch, V. L. (2010). Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Meeusen, R., Piacentini, M. F., Busschaert, B., Buyse, L., De Schutter, G., & Stray-Gundersen, J. (2004). Hormonal responses in athletes: the use of a two bout exercise protocol to detect subtle differences in (over) training status. *European journal of applied physiology*, 91(2-3), 140-146.
- Meeusen, R., Nederhof, E., Buyse, L., Roelands, B., De Schutter, G. in Piacentini, M. F. (2010). Diagnosing overtraining in athletes using the two-bout exercise protocol. *British journal of sports medicine*, 44(9), 642–648.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., ... in Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *European Journal of Sport Science*, 13(1), 1–24.
- Nicoll, J. X., Hatfield, D. L., Melanson, K. J., & Nasin, C. S. (2018). Thyroid hormones and commonly cited symptoms of overtraining in *collegiate female endurance runners*. *European journal of applied physiology*, 118(1), 65-73.
- Starc, R. (2010). *Zdravje in poslovna uspešnost skozi meditacijo: izkušnja Hetema Ramadanija*. Ljubljana: Sirius AP.

Stušek, P. (2001). *Biologija človeka za gimnazije*. Ljubljana: DZS.

Tanskanen, M. M., Kyröläinen, H., Uusitalo, A. L., Huovinen, J., Nissilä, J., Kinnunen, H., ... in Häkkinen, K. (2011). Serum Sex Hormone–Binding Globulin and Cortisol Concentrations are Associated With Overreaching During Strenuous Military Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 787–797.

Tušak, M. (2012). Soočanje s stresom. *Revija Kapnik*, 20, 3–8. Pridobljeno s <https://www.zdruzenjecvb.com › clanki › pdf › 20-Soočanje-s-stresom>

Tušak, M. [Maks] in Tušak, M. [Matej] (2003). *Psihologija športa*. Ljubljana: Filozofska fakulteta, Znanstveni inštitut Filozofske fakultete.

Urhausen, A., Gabriel, H. H. in Kindermann, W. (1998). Impaired pituitary hormonal response to exhaustive exercise in overtrained endurance athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(3), 407–414.

Ušaj, A. (2003). *Osnove športnega treniranja*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.